

## Магнитные свойства композитов $\text{Fe}_x(\text{NbO})_{100-x}$

Косырева Анастасия Николаевна<sup>2</sup>

Рыжкова Галина Сергеевна<sup>1</sup>, Трегубова Татьяна Николаевна<sup>1</sup>, Семенов Константин Иванович<sup>1</sup>,

Гребенников Антон Александрович<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Воронежский государственный технический университет

<sup>2</sup>Воронежский государственный университет

<sup>3</sup>Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е.Жуковского и Ю.А.Гагарина»

Стогней Олег Владимирович<sup>1</sup>, д.ф.-м.н.

[kosireva1994.94@mail.ru](mailto:kosireva1994.94@mail.ru)

Синтезирована композитная система  $\text{Fe}_x(\text{NbO})_{100-x}$  ( $13 \leq x$  ат. %  $\leq 79$ ). Проведено исследование магнитных свойств композитных материалов  $\text{Fe}_x(\text{NbO})_{100-x}$  в широком интервале концентраций железа. Образцы в виде тонких пленок были получены методом ионно-лучевого распыления железа и оксида ниобия в среде аргона и последующего осаждения материала на ситалловые подложки.

По данным рентгеноструктурного анализа в полученных образцах присутствуют две фазы: аморфный оксид ниобия и мелкозернистое ОЦК-железо (размеры зерен железа 2-3 нм в композите с 48 ат. % Fe). Установлено, что композиты доперколяционного состава вблизи порога перколяции проявляют суперпарамагнитные свойства – их намагниченность слабо изменяется во внешнем магнитном поле. При увеличении концентрации железа свыше 50 ат. % кривые перемагничивания приобретают вид характерный для ферромагнитного состояния, однако коэрцитивная сила этих композитов практически не зависит от состава и составляет величину 4–7 Э. Комплексная магнитная проницаемость композитов (как мнимая, так и действительная части), измеренная на 50 МГц, обнаруживает резкий рост при концентрациях железа, превышающих порог перколяции (66 – 68 ат. %), что характерно для нанокompозитов ферромагнетик/диэлектрик.

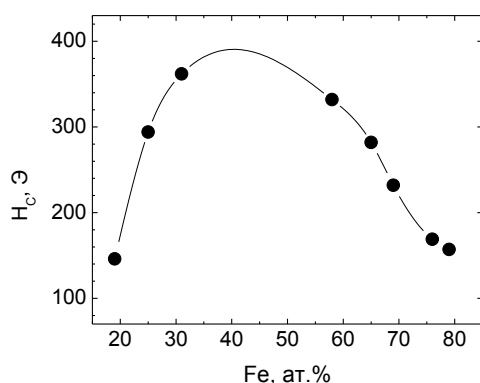


рис. 1. Концентрационная зависимость коэрцитивной силы композитов  $\text{Fe}_x(\text{NbO})_{100-x}$  отожженных при 650 °C

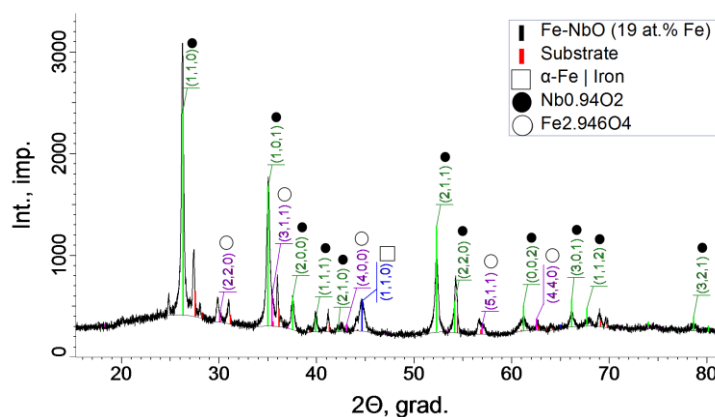


рис. 2. Рентгенограмма образца  $\text{Fe}_{19}(\text{NbO})_{81}$ , отожженного при 650 °C.

Термический отжиг композитов при температуре 650 °C приводит к существенному изменению их магнитных свойств. Отожженные образцы  $\text{Fe}_x(\text{NbO})_{100-x}$  начинают проявлять ферромагнитные свойства даже при незначительной концентрации железа (19 ат. %, см. рис. 1), при этом величина их коэрцитивной силы существенно превышает характерные для нанокompозитов значения 10 – 50 Э (рис. 1). Значения коэрцитивной силы более 100 Э наблюдались ранее в композитах Ni-MgO [1] и Fe-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> [2], содержащих в структуре наноразмерную фазу феррита. Действительно, в результате рентгеноструктурного анализа установлено, что в отожженных образцах  $\text{Fe}_x(\text{NbO})_{100-x}$  присутствует фаза  $\text{Fe}_{2.9}\text{O}_4$  (рис. 2). Наличие максимума на концентрационной зависимости коэрцитивной силы, связано с изменением механизма перемагничивания образцов: в области малых концентраций железа в образцах реализуется однодоменное состояние, поэтому перемагничивание осуществляется вращением векторов намагниченности гранул, в области больших концентраций железа в образцах формируются магнитные домены и перемагничивание осуществляется движением доменных стенок.

Список публикаций:

[1] Гребенников А.А., Стогней О.В., Ситников А.В. // Альтернативная энергетика и экология. 2011. №9. С.61.

[2] Косырева А.Н., Рыжкова Г.С. и др. // ВНКФ-22: материалы конф. Ростов-на-Дону, 2016. С.459 – 460.